

# 阻止型光導電ターゲットを用いた高性能撮像管の研究

著者	設樂 圭一
号	1911
発行年	1999
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/10718">http://hdl.handle.net/10097/10718</a>

氏 名	設 楽 圭 一
授 与 学 位	博士 (工学)
学 位 授 与 年 月 日	平成11年12月8日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第2項
最 終 学 歴	昭和37年3月 東北大学理学部物理学科 卒業
学 位 論 文 題 目	阻止型光導電ターゲットを用いた高性能撮像管の研究
論 文 審 査 委 員	主査 東北大学教授 横尾 邦義 東北大学教授 水野 皓司 東北大学教授 内田 龍男

## 論 文 内 容 要 旨

本研究の目的は、放送用カラーカメラに使用する小型、軽量、高性能光導電型撮像管の開発である。光導電型撮像管に要求される特性の多くはターゲットによって支配され、そのターゲットは動作機構上注入型ターゲットと阻止型ターゲットの二つに分類される。阻止型構造を採用することによって、注入型ターゲットでは得られない放送用に適した特性が期待できる。

はじめにターゲット材料について調査を行い、三セレン化砒素 ( $\text{As}_2\text{Se}_3$ ) を用いて実験を進めることにした。調査結果によると、 $\text{As}_2\text{Se}_3$  をターゲットに使用した可視光用撮像管の実用例は見あたらないが、高真空蒸着膜はアモルファスで、禁止帯エネルギー幅の値が約 1.7eV、暗比抵抗が  $10^{11} \sim 10^{13} \Omega \text{ cm}$  で  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  に近いこと、アルミニウムを正電極とした場合正孔に対し阻止型特性を示し、熱的にも、空気中の放置に対してもその特性が安定であることなど、ターゲット材料として興味ある性質を持っていることが明らかとなった。いくつか不明な点もあるが、これら  $\text{As}_2\text{Se}_3$  の性質を活かすことができれば、良好な特性を有する阻止型ターゲットを製作することが可能であると考え、実験管を製作して検討することにした。この撮像管は当初予測できなかった実用上の問題点があり製品化にいたらなかったが、 $\text{As}_2\text{Se}_3$  により阻止型ターゲットを作るという目的を達成し、また、その特性を検討することにより阻止型ターゲットの動作機構を考える上で有用な多くの知見を得ることができた。その最も重要な点は、阻止型ターゲットを製作する場合、p 形光導電体であっても電子の走行性が重要であること、すなわち電子、正孔の移動度が十分大きいことが必要条件になることであった。

正孔および電子の移動度が大きい材料を使用した場合には、同時に良好な阻止機能を持たせることが必要条件になる。しかし、任意の光導電材料について阻止型特性を持たせる方法がわかっているわけではない。特に走査側の阻止機能については、走査ビームとの関連が明確にされていなかった。検討のために製作した実験管のターゲットには、蒸着膜としては正孔および電子の移動度が大きくネサとの間に正孔に対する阻止型接触が形成されるセレン (Se) 膜を用いた。はじめに、ネサ上に Se を  $4\mu\text{m}$  の厚さに蒸着したターゲットでは、印加電圧が高くなるにつれて信号電流、暗電流とも増加して阻止型のターゲットにならないことを確認した。次に Se の蒸着膜を薄くし、厚さ約  $2\mu\text{m}$  の  $\text{As}_2\text{Se}_3$  蒸着膜を重ねるこ

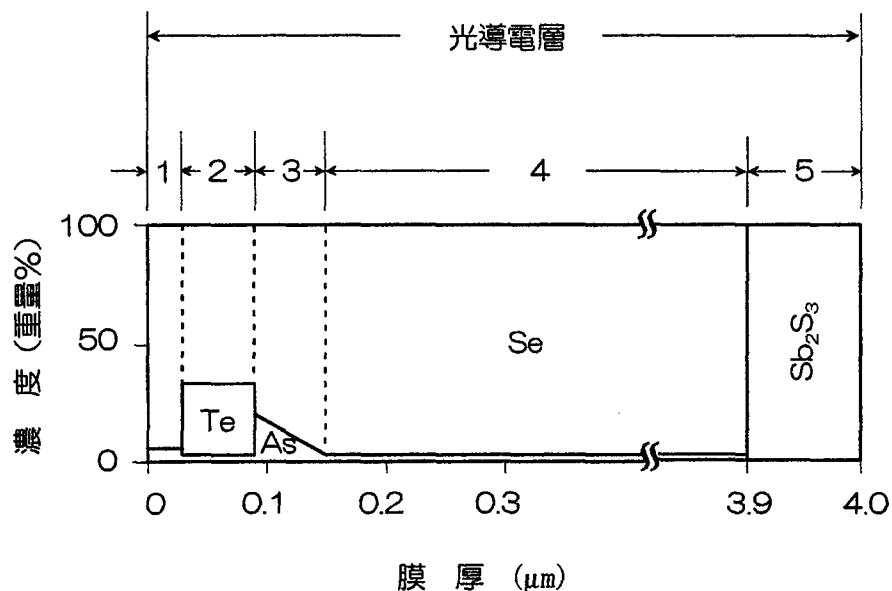
とによって阻止型のターゲットが製作できることを示した。しかし、 $\text{As}_2\text{Se}_3$  管とほぼ同じ構造を持つこのターゲットでは、信号電流が動作時間とともに増加したり、焼き付きがあり残像も良くないなど撮像管としての総合特性は不十分であった。これは十分な阻止機能を確保するために重ねた厚さ約  $2\mu\text{m}$  の  $\text{As}_2\text{Se}_3$  蒸着膜が厚すぎるためであり、良好な特性を得るには薄い走査側阻止層の開発が必要であることを示すものである。薄い走査側阻止層は、 $\text{As}_2\text{Se}_3$  蒸着膜の表面をイオンボンバードすることによって製作できることを実験的に確認した。ターゲット膜厚の大部分を形成する Se 層と薄い走査側阻止層を組み合わせたターゲットでは、 $\text{As}_2\text{Se}_3$  管の欠点が改善されて阻止型ターゲットとして良好な特性が得られることを確認した。この阻止層は 2 次電子放出比 ( $\delta$ ) が 1 以上になりやすく工程も複雑であるため、引き続き検討し、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$  の多孔質膜を用いた実用的な阻止層を開発した。

光導電型撮像管の特性で重要なものの一つに残像がある。残像にはターゲットとして使用する光導電膜の物理的性質に起因する光導電性の残像と低速度走査方式に起因する容量性残像とがある。 $\text{Sb}_2\text{S}_3$  光導電膜を使用したビジコンが、小型、軽量という利点を持ちながらライブカメラに使用されなかった原因は残像が大きいことにある。これはターゲットが注入型として動作しており、光導電性の残像が除去できていないためである。これに対し阻止型ターゲットでは、光導電性の残像を除去し容量性残像のみとすることができるので、低残像特性を実現できる可能性がある。これを確認するため、Se の蒸着膜と薄い走査側阻止層を組み合わせたターゲットを用いて実験管を製作し、実測した残像の値と容量性残像の計算値との比較、およびビームランディング特性と残像特性との関係の調査を行った。これらの結果から、実験に使用した Se 蒸着膜ターゲットでは、阻止型ターゲット採用の目的である光導電性残像の除去が達成できたとの結論を得た。

走査側表面に電子ビームに対する阻止層を設けた Se 蒸着膜ターゲットが、阻止型ターゲットとして期待通りの動作をしていることが確認できたので、この研究結果を基礎に、テルル (Te) を添加して長波長光に対する感度を増加させ、Se の結晶化を As 添加により抑制する実用的ターゲットの開発を検討した。Se 光導電層の膜厚方向全域に Te を添加したターゲットでは良好な特性を得ることはできなかったが、Te を添加する領域を光入射側の一部分に限定するとともに濃度勾配を持たせることにより、感度を含め実用的な特性が得られることを確認した。これにより、光導電型撮像管のターゲットは従来のように単一の光導電層である必要はなく、阻止型接触を形成する部分、光電変換を行う部分、ターゲットの蓄積容量を減少する部分と機能的に分割できることを実証した。このターゲット（以下 Se-As-Te ターゲット）を用いて開発した撮像管では、2/3 インチ管でありながら PbO ターゲットを用いた 1 インチ管と同等の高い解像度が得られた。その他の特性も良好で、この撮像管を採用することにより高性能ハンディカラーカメラを開発することが可能となった。

開発した 2/3 インチ型撮像管は、その運用結果から放送用カラーカメラとしてほぼ満足できる画質、性能を有していることが確認された。しかし、放送用としてはさらに高性能であることが望ましく、そのための項目として、残像、焼き付き特性の改善が必要であることも確認された。残像については、その特性を詳細に再検討した結果、高解像度を重点に開発した電子銃のビームランディング特性が原因で容量性残像が大きくなっていることが明かとなった。このため電子銃は残像を考慮に入れて再設計することにした。ターゲットに直接関係する特性は焼き付きであった。通常の使用状態における焼き付きに

問題はなかったが、番組制作の都合上同一被写体を長時間撮像しながら待機することがあり、このような状態で生ずる焼き付きが問題とされた。このようなカメラ使用状態の変化は当初予想していなかったもので、改めて検討する必要があった。原因の調査と対策の検討結果に基づいてターゲット構成各層を再設計し、下の図に示すような濃度分布とした。すなわち、第1層はAsを6重量%添加した膜厚30nmのSe層で、正孔の注入を阻止する機能と短波長光に対する感度を確保するための層である。第2層はTeを約30重量%添加した膜厚60nmの増感層で、長波長光に対する感度を得るための層である。第3層は膜厚60nmの増感補助層で、As濃度が20重量%から3重量%まで連続的に変化している。第4層はSeと結晶化防止用の3重量%のAsからなる蓄積層で、ターゲット膜厚の大部分を占める。第5層は $\text{Sb}_2\text{S}_3$ の走査側阻止層である。なお、阻止機能を強化するため、ネサと第1層のあいだに膜厚20nmの $\text{CeO}_2$ 層を挿入した。前記Se-As-TeターゲットはSe層、Te層、蓄積層、走査側阻止層の4層から構成されていたが、再設計したターゲットのTe層はその動作機構から赤色光感度を得るための増感層と光励起された信号電荷を有効に取り出すための増感補助層に分割された。増感補助層は膜内電界配分を制御するだけで、長波長光に対して感度を持たないようにすることが良好な特性を得るために重要であることが明らかとなった。以上の検討の結果、基本的な特性を変更することなく、それ以前のものとの互換性があり、長時間焼き付きも良好な改良型Se-As-Teターゲットを開発することができた。この改良型ターゲットを用いた2/3インチ型撮像管は、それ以降ハンディカラーカメラ用として広く使用されるようになった。2/3インチ型撮像管を基礎に試作した1インチ管では、現行TV方式の限界に近い高解像度が得られ、高画質、高性能化の可能性を確認することができた。



# 審査結果の要旨

テレビ放送用のカラーカメラには、多様な使用目的から、小型、軽量と共に高感度、低残像、焼き付きの防止などの高性能な撮像特性が要求される。著者は、光導電ターゲットを用いた撮像管の高性能化を目的として、ターゲットの光電面とビーム走査面の双方にキャリアの阻止機能を持たせると共に、分光感度の補償、光励起キャリアの輸送などの機能をそれぞれ最適化した多層構造ターゲットを開発、優れた撮像特性を実証した。その結果、高性能2/3インチ小型撮像管として実用化された。本論文は、これらの研究成果を取りまとめたもので、全文7章よりなる。

第1章は序論である。

第2章では、阻止型ターゲットを用いた撮像管の高性能化には、光導電ターゲットの阻止機能と共に、電子、正孔両者の移動度の大きいことが重要であることを明らかにしている。

第3章では、移動度の大きいセレン(Se)と走査側の阻止層として3セレン化砒素( $\text{As}_2\text{Se}_3$ )とからなる複合ターゲットを開発、走査電子ビームに対する阻止機能を実証すると共に、2次電子放出比が常に1以下の安定な低速度走査が可能な3硫化アンチモン( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ )の多孔質膜を用いた実用的な阻止層を開発した。

第4章では、走査側に薄い阻止層を持つ阻止型ターゲットの残像特性を詳細に検討し、走査側の阻止層により光導電性残像をほぼ完全に除去できることを初めて明らかにした。また、更なる低残像化には走査ビームのエネルギー及び運動量の低分散化が重要であることを明らかにした。これらは、阻止型ターゲットを用いた撮像管の高性能化に向けた有益な知見である。

第5章では、Seターゲットへのテルル(Te)添加により、赤色光に対する高感度化に成功すると共に、高性能光導電ターゲットに要求される阻止機能、高効率光電変換、及びターゲットの低蓄積容量などの機能をそれぞれ分割して担う機能分割型ターゲットを開発した。また、これら各々の機能を最適化したターゲットを用いた2/3インチ撮像管を開発、高解像度のハンディカメラとして実用化された。

第6章では、同一被写体の長時間撮像で発生する焼き付きの原因が、Teの添加により増加した局在準位への赤色光照射による励起電子の捕獲によることを明らかにした。このため、赤色光に対する増感層と感度は持たないが信号電荷を有効に取り出すための電界制御層を分離したターゲットを開発、長時間焼き付きの問題解決に成功した。これは、実用上の優れた成果である。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、放送用の高性能カラーカメラの開発研究を行い、光導電ターゲット中のキャリアの注入阻止、分光感度特性、光励起キャリアの輸送などの機能をそれぞれ最適化した多層構造ターゲットを開発、高感度、低残像、焼き付き防止などの優れた撮像特性を実現した研究の成果をまとめたもので、電子工学、画像工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。